

学校编码：10384 分类号密级

学号：X2010182003

UDC

厦门大学

硕士学位论文

新型 252kV GIS 产品设计理念  
及关键技术研究

Research on New Type of 252kV GIS Design Concept and  
Key Technologies

胡辉

指导教师姓名：姚斌教授

专业名称：机械工程

论文提交日期：2013 年月

论文答辩时间：2013 年月

学位授予日期：年月

答辩委员会主席：

评阅人：

2013 年 6 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年月日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

( ) 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

( ) 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年月日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

随着社会经济的繁荣进步，用电量需求的不断增长，城市变电站的新建和扩容需求日益强烈。目前国内已有的 252kV 气体绝缘金属封闭开关设备（Gas Insulated Switchgear，简称 GIS）由于占地面积大，SF<sub>6</sub> 气体使用量过多，内部电场复杂。为了减少在高压开关设备中用于灭弧和绝缘的 SF<sub>6</sub> 这种温室气体的用量，对新一代的 252kV GIS 进行优化处理势在必行。GIS 设备的小型化、易操作、智能化、高可靠性、制造和运行低成本已成为一种发展趋势。本文在已有的理论和实践的基础上，对 GIS 的技术发展进行了研究和探讨，提出了新的设计理念和新的技术方案。

本文首先介绍了 GIS 设备的技术发展和国内外研究现状，以及 GIS 设备的基本结构与特点。然后着重研究了新型共箱化技术、新型人机界面技术、全双动自能式断路器技术、新型液压弹簧操作机构技术、产品设计理念以及它们在新一代 252kV GIS 中的应用，解决了气体绝缘金属封闭开关设备既要小型化又具备高可靠性的难题，同时保证了易操作性、以及制造和运行低成本的要求，代表了 GIS 最新的技术发展方向和趋势。通过额定短时工频耐受电压试验、局部放电试验、额定雷电冲击耐受电压试验，对样机进行了绝缘性能的检测，验证了新产品设计的合理性和可靠性。为今后新一代 252kV GIS 产品的开发提供了重要的参考价值 and 一定的指导意义，给广大电力企业提供了更合理的优化解决方案。

**关键词：**252kV GIS；小型化；可靠性设计

## ABSTRACT

With the development of economy and growing demand for electrical energy, new substations are required more and more in cities. At present gas insulated metal enclosed switchgear for rated voltages at 252kV have occupied large area and used more SF<sub>6</sub> gas with non-uniform electric field. In order to reduce the amount of SF<sub>6</sub> gas which is greenhouse gas used for arc extinguishing and insulation, improvement on new generation GIS is unavoidable. So easy operation, more miniaturization, more intelligent, more reliability and low cost on manufacture operation of GIS become a developing tendency. Based on theory and practice, this dissertation makes investigation and discussion on the technology development of GIS, introducing new design concept and solution.

Firstly, this dissertation introduces research status, structure and features of GIS. Then, focuses on and makes investigation on new enclosure, new user interface, new full double motion Auto-Puffer circuit-breaker, new hydraulic spring operation mechanism and new product design concept, also including their application in new generation of 252kV GIS. The problem of becoming more miniaturization and more reliability is solved and ensuring easy operation, low cost on manufacture and operation, representing the new technology development trend of GIS. Through rated short-duration power-frequency withstand voltage test, partial discharge test and rated lightning impulse withstand voltage test on sample, the rationality and reliability of new product is verified, offering important foundation and guiding significance for new 252kV GIS, also bring a better reasonable solution for power customers.

**Key Words:** 252kV GIS; Miniaturization; Reliability Design



厦门大学博硕士论文摘要库

# 目录

<b>第一章绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 选题背景及其意义.....	1
1.2 国内外研究现状.....	2
1.3 论文框架.....	3
<b>第二章理论和技术概述 .....</b>	<b>5</b>
2.1 六氟化气体与 GIS 理论概述 .....	5
2.2GIS 设备的基本结构与特点 .....	6
2.3 GIS 的技术发展 .....	10
2.4 本章小节.....	11
<b>第三章新一代 GIS 产品设计理念和特点 .....</b>	<b>12</b>
3.1 新型共箱化设计.....	12
3.1.1 单相型设计 .....	12
3.1.2 共筒型设计 .....	19
3.1.3 共箱化设计 .....	23
3.2 新型人机界面.....	27
3.2.1 功能单元模块化.....	28
3.2.2 新型人机界面的特点.....	30
3.3 本章小节.....	31
<b>第四章新一代 GIS 产品关键技术研究 .....</b>	<b>32</b>
4.1 全双动自能式断路器技术 .....	32
4.1.1 压气式灭弧室.....	32
4.1.2 自能式灭弧室.....	33
4.1.3 全双动自能式灭弧室.....	35
4.2 新型液压弹簧操作机构 .....	39
4.2.1 传统液压弹簧操作机构的结构和特点 .....	40
4.2.2 新型液压弹簧操作机构的结构和特点 .....	41
4.3 本章小节 .....	45

<b>第五章绝缘验证试验和机械特性试验 .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1 绝缘验证试验 .....</b>	<b>47</b>
5.1.1 高压试验回路 .....	47
5.1.2 测量系统 .....	48
5.1.3 试验结果 .....	49
<b>5.2 机械特性试验 .....</b>	<b>51</b>
5.2.1 机械特性试验方式 .....	51
5.2.2 试验结果 .....	53
<b>5.3 本章小节 .....</b>	<b>57</b>
<b>第六章总结与展望 .....</b>	<b>58</b>
6.1 总结.....	58
6.2 展望.....	58
<b>参考文献.....</b>	<b>60</b>
<b>攻读硕士学位期间发表论文情况 .....</b>	<b>63</b>
<b>致谢.....</b>	<b>64</b>

## Contents

<b>Chapter 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Research Background and Significance.....	1
1.2 Research Status.....	2
1.3 Structure of the Dissertation.....	3
<b>Chapter 2 Theory and Technology .....</b>	<b>5</b>
2.1 SF <sub>6</sub> and GIS Theory.....	5
2.2 Structure and Feature of GIS.....	6
2.3 GIS Technology Development.....	10
2.4 Summary.....	11
<b>Chapter 3 New GIS Design Concept and Feature.....</b>	<b>12</b>
3.1 New Enclosure Type Design.....	12
3.1.1 Single Type Design.....	12
3.1.2 Column Type Design.....	19
3.1.3 Enclosure Type Design.....	23
3.2 New Interface.....	27
3.2.1 Function Unit Modulization.....	28
3.2.2 New Interface Feature.....	30
3.3 Summary.....	31
<b>Chapter 4 New GIS Key Technology Research.....</b>	<b>32</b>
4.1 Full Double Motion Circuit Breaker Technology.....	32
4.1.1 Puffer Chamber.....	32
4.1.2 Self-blast Chamber.....	33
4.1.3 Full Double Motion Auto-Puffer Chamber.....	35
4.2 New Hydraulic Spring Mechanism.....	39
4.2.1 Traditional Hydraulic Spring Mechanism Structure and Feature.....	40
4.2.2 New Hydraulic Spring Mechanism Structure and Feature.....	41
4.3 Summary.....	45
<b>Chapter 5 Dielectric Test and Mechanical test.....</b>	<b>46</b>
5.1 Dielectric Test.....	47
5.1.1 High Voltage Test Circuit.....	47

5.1.2 Measurement System.....	48
5.1.3 Test Result.....	49
<b>5.2 Mechanical Test.....</b>	<b>51</b>
5.2.1 Mechanical Test Method.....	51
5.2.2 Test Result.....	53
<b>5.3 Summary.....</b>	<b>57</b>
<b>Chapter 6 Conclusion and Prospect.....</b>	<b>58</b>
<b>6.1 Conclusion.....</b>	<b>58</b>
<b>6.2 Prospect.....</b>	<b>58</b>
<b>References.....</b>	<b>60</b>
<b>Published Thesis.....</b>	<b>63</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>64</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章绪论

GIS 是英文 Gas Insulated Switchgear 的缩写，中文名称为气体绝缘金属封闭开关设备。GIS 是由断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线、连接件和出线终端等组成的组合电器的简称，以上所有的高压电器元件均密封在接地金属外壳中，在壳体内部充有 6~7 倍额定大气压力的  $\text{SF}_6$  气体。GIS 气体绝缘金属封闭开关的绝缘和灭弧功能都是通过  $\text{SF}_6$  气体来实现的，这种气体具有耐电强度高、灭弧能力强、通常无液化问题和化学稳定性好等优点，是迄今为止最理想的绝缘和灭弧介质，在高压开关领域中得到了广泛的应用，是 GIS 密不可分的组成部分。

### 1.1 选题背景及其意义

GIS 设备自 60 年代工业化应用以来，不仅在高压、超高压领域被广泛应用，而且在特高压变电站中也被使用，在我国 63kV~1100 kV 电力系统中，GIS 的应用已相当广泛。

近年来随着城市用电量的急增，当 252kV、550kV 变电站已进入市区或者城郊，在现代城市地区征地费用较高和征地困难的条件下，使用小型化、可靠性高的 GIS 可以减小占地面积，大大降低投资成本，使 GIS 安装空间进一步缩小，提高变电站的整体经济性。更重要的是，GIS 的小型化、高可靠性有利于环保，由于  $\text{SF}_6$  气体是一种温室效应气体，被列为需全球管制使用的 6 种气体之一，因此如何减少电力设备中  $\text{SF}_6$  气体的使用量是人们非常关心的问题，GIS 的进一步小型化可以减少  $\text{SF}_6$  气体的用量。

为了保障供电的稳定性，电力用户对 GIS 设备可靠性的要求更是日益提高，在《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中提出了坚强智能电网发展战略的目标，所以易操作、小型化、智能化、高可靠性、制造和运行低成本已成为一种发展趋势。

最初的 GIS 设备是单相型的设计，进一步发展到三相共筒型的结构，初步实现了小型化，提高了可靠性，但是其在设计理论上已经达到了产品外型尺寸小型化的极限， $\text{SF}_6$  气体的使用量也已不能再减少，同时三相共筒型内部电场复杂，

可靠性不能进一步提高,已不能满足新一代产品的发展趋势和用户的新需求。在这样的实际背景下,通过新型共箱化技术、新型人机界面技术、全双动自能式断路器技术、新型液压弹簧操作机构技术在新一代 252kV GIS 中的应用,解决了气体绝缘金属封闭开关设备既要小型化又具备高可靠性的难题,使小型化和高可靠性达到了完美的统一,同时保证了易操作性、以及制造和运行低成本的要求。

## 1.2 国内外研究现状

GIS 气体绝缘金属封闭开关设备按照额定电压分为中压 3.6~72.5kV、高压 126~252kV、超高 363~800kV 和特高压 1100kV,主要用于电力系统(包括发电厂、变电站、输配电线路和工矿企业等用户)的控制和保护。可根据电网运行需要将一部分电力设备或线路投入或退出运行,也可在电力设备或线路发生故障时将故障部分从电网快速切除,从而保证电网中无故障部分的正常运行及设备、运行维修人员的安全。因此,GIS 高压开关设备对电力系统的安全可靠运行至关重要。

在高压领域 126kV~252kV, GIS 从最初的单相型发展到了目前的三相共筒型。所谓三相共筒型结构,是指将主回路导电元件的三相装在充气的接地壳体内,通过环氧树脂浇注绝缘子加以支撑和隔离。欧洲、日本的各大开关设备制造公司 ABB、西门子、阿尔斯通、三菱、东芝、晓星等都在大力发展三相共筒型结构,170kV 以下的电压等级的 GIS 产品几乎全是三相共筒型结构,其中有的已做到 300kV GIS 全三相共筒型,全三相共筒即断路器、隔离开关、接地开关、互感器、母线、连接件等三相不同的导电元器件均在同一个壳体内。在国内,通过技术引进,我国 GIS 高压开关设备技术水平有了较大提高,产品的性能参数已接近国际水平,但与国外先进产品还是有一定的差距,国内的企业西开、泰开、平高、新沈高等已有 126kV 及 145kV 全三相共筒型 GIS, 252kV GIS 目前仅能做到母线三相共筒,由于全三相共筒技术难度大,还需要进一步攻关<sup>[1]</sup>。

GIS 新产品的开发,不仅是简单地缩小尺寸,还包括合理地简化元件和布置,提高运行的可靠性、易操作性,一直遵循着免维护、高可靠、小型化、集成化、智能化的原则,以高技术含量的核心器件和新技术、新工艺、新材料为主线进行



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库